



Eesti Maaülikool
Põllumajandus- ja keskkonna instituut

Mai-Liis Palm

**HERBITSIIDI TAIFUN® B MÕJU METSA-SÜSI
JOOKSIKLASE PÕHIKÄITUMISTELE**
THE EFFECT OF HERBICIDE TAIFUN® B ON THE BASIC
BEHAVIOURS OF *PTEROSTICHUS OBLONGOPUNCTATUS*
(COLEOPTERA: CARABIDAE)

Bakalaureusetöö

Põllumajandussaaduste tootmise ja turustamise õppekaval

Juhendajad: Anne Must *PhD*

Karin Nurme *MSc*

Tartu 2018

Kaitsmisele lubatud ”.....“..... 20....a

EMÜ põllumajandus- ja keskkonnainstituudi õppedirektor/osakonna juhataja:

.....

Bakalaureusetöö juhendaja:

.....

Olen koostanud bakalaureusetöö iseseisvalt ja kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

/Eesnimi, perekonnanimi ja allkiri/

Käesolev bakalaureusetöö on koostatud ühe osana EMÜ õppetööst. Bakalaureuse hindamise positiivse hindegä ei tähenda, et põllumajandus- ja keskkonnainstituut vastutab töös meetodite, saadud tulemuste ja tehtud järelduste eest.

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1a, Tartu 51014			
Autor: Mai-Liis Palm		Õppekava: Põllumajandussaaduste tootmine ja turustamine	
Pealkiri: Herbitsiidi Taifun® B mõju metsa-süsijooksiklase põhikäitumisele			
Lehekülg: 37	Jooniseid: 6	Tabeleid:0	Lisaid: 1
Õppetool: Taimetervise õppetool			
Uurimisvaldkond: B250; B380: B434			
Juhendaja: Anne Must PhD, Karin Nurme MSc			
Kaitsmiskoht ja –aasta: Eesti Maaülikool, 2018			
<p>Põllumajandustootjatele on üheks suurimaks väljakutseks umbrohi, mille laiahaardeline levik võib kaasa tuua märgatava majanduslikku kahju. Efektiivseim viis umbrohtudest vabanemiseks on nende töötlemine herbitsiididega. Nende ulatuslik kasutamine, toob aga kaasa mitmeid küsimusi vastavate kemikaalide toimest ümbritsevale keskkonnale ja seal elavatele organismidele sh. kasurputukatele. Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli selgitada herbitsiidi Taifun® B mõju röövtoidulise metsa-süsijooksiku (Coleoptera: Carabidae) põhikäitumisele – liikumis- ja toitumisaktiivsusele. Katses töödeldi mardikaid herbitsiidi põllukontsentratsioonidega (toimeaine 4,86 g/L ja 10,8 g/L) sukeldusmeetodil viis sekundit. Mardikate käitumist filmiti kahel järjestikusel päeval 4 tunni vältel ning suremust vaadeldi järgneval neljal päeval. Katseandmete analüüsimiseks kasutati videojälgmissüsteemi EthoVision® XT 11. Katsetulemused näitasid, et mardikad muutusid koheselt peale herbitsiidiga töötlemist hüpoaktiivseteks, mida täheldati veel 24h pärast esmast töötlust. Töödeldud jooksiklaste läbitud vahemaa vähenes kontrollmardikatega võrreldes mõlema päeva kokkuvõttes ca 50 %. Taifun® B avaldas ka pärssivat mõju jooksiklaste toitumisaktiivsusele, kus tarbitud toidu mass kahe päeva lõikes oli sama või suurem kui kontrollil, kuid toidu tarbimiseks kulutati mõlemal juhul kontrolliga võrreldes 6 korda pikem aeg. Glüfosaadil põhinev herbitsiid Taifun® B oli vähetoksiline metsa-süsijooksikule, ent sel oli märkimisväärne mõju uuritud põhikäitumisele. Langused mardikate toitumis- ja ka liikumisaktiivsuses on otseselt seotud nende biotõrjelse efektiivsusega.</p>			
Märksõnad:, glüfosaat, jooksiklased, liikumisaktiivsus, toitumisaktiivsus			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1a, Tartu 51014		Abstract of Bachelor Thesis	
Author: Mai-Liis		Speciality: Production and marketing of agricultural products	
Title: The effect of herbicide Taifun® B on the basic behaviours of <i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Coleoptera: Carabidae)			
Pages: 37	Figures: 6	Tables:	Appendixes: 1
Chair: Chair of Plant Health Field of research: B250; B380: B434 Supervisors: Anne Must PhD, Karin Nurme MSc Place and date: Estonian University of Life Sciences 2018			
<p>In agriculture one of the biggest challenges is weed control. They can cause significant economical loss due to their widespread distribution. Herbicides are the most effective tools for eradicating weeds. The popularity of using herbicides leads to many questions regarding the impact to the environment and to organisms inhabiting these environments, including beneficial insects. The aim of this Bachelor study is to examine the effect of the herbicide Taifun® B (active ingredient glyphosate) on the locomotion and feeding activity of <i>Pterostichus oblongopunctatus</i>. In this experiment the beetles were exposed to two different herbicide emulsions (active substance concentrations 4.86 g/L and 10.8 g/L), which are minimum and maximum field concentrations, respectively. Test beetles were dipped into herbicide emulsions for 5 s. On the first two days after the treatment, the behaviour of carabids were video recorded with web-cameras. For data analyses, the computer-centered video-tracking system Ethovision XT was used. The results of this study showed that both herbicide concentrations affected ground beetle locomotion and feeding activity. Results showed that insects treated with herbicide became hypoactive, which was observed 24 h after treatment. In total the distance travelled was approximately 50% shorter compared to the control group. A negative effect of Taifun® B was also observed on the feeding activity of <i>P. oblongopunctatus</i>. Food consumption rate was the same or even higher than on the control group, but total time spent on feeding was 6 times longer. The glyphosate-based herbicide Taifun® B is non-toxic to <i>P. oblongopunctatus</i>, yet it considerably affects studied basic behaviours. Declines in feeding and locomotor activity are directly related to their biocontrol efficiency.</p>			
Keywords: Glyphosate, ground-beetles, locomotion, feeding activity			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
KIRJANDUSE ÜLEVAADE	8
1 HERBITSIIDIDE KASUTAMINE PÕLLUMAJANDUSES	8
1.1 Glüfosaadil põhinevate herbitsiidide kasutamine põllumajanduses.....	10
1.2 GLÜFOSAADIL PÕHINEVATE HERBITSIIDIDE MÕJU LÜLIJALGSETELE	14
1.3 Mõju suremusele	14
1.4 Mõju põhikäitumistele.....	14
1.4.1 Toitumine.....	14
1.4.2 Viljakus ja munemine	15
1.4.6 Lokomotsioon	15
1.3 JOOKSIKLASTE TAIMEKAITSELINE TÄHTSUS	17
2 MATERJAL JA METOODIKA	19
2.1 Katseloom.....	19
2.2 Herbitsiid Taifun® B	19
2.3 Töötlus.....	20
2.4 Filmimine	21
2.5 Andmetöötlus ja statistiline analüüs.....	21
3 TULEMUSED	22
3.1 Taifun® B mõju metsa-süsijooksikute lokomotsioonile.....	22
3.2 Taifun® B mõju metsa-süsijooksikute toitumisaktiivsusele.....	25
3.3 Taifun® B mõju metsa-süsijooksikute suremusele.....	27
4 ARUTELU	28
KOKKUVÕTE	30
SUMMARY	Error! Bookmark not defined.
KASUTATUD KIRJANDUS	32

SISSEJUHATUS

Taimekaitsevahendite kasutamine põllumajanduses on viimastel aastatel muutunud järjest aktuaalsemaks. Põllumajandustootjatele on üheks suurimaks väljakutseks umbrohi, mille laiahaardeline levik võib kaasa tuua märgatava majanduslikku kahju (Hobbs jt 2008). Järjest suureneva rahvaarvu tingimustes on tootjate eesmärgiks saada võimalikult kõrge ja kvaliteetne saak, jäädes samal ajal kuluefektiivseks ning jälgides keskkonnasäästliku majandamise põhimõtteid.

Herbitsiidide kasutamine tekitab mitmeid küsimusi vastavate kemikaalide toimest ümbritsevale keskkonnale ja organismidele, sh kasurputukatele. Töödeldes taimemürkidega põllumassiive, mõjutame vahetult seal elavaid putukakooslusi. Organismidele, kelle elutegevusele ei ole herbitsiidide kasutamine suunatud, võib see avaldada nii otsest kui ka kaudset mõju. Otsene mõju võib avalduda kasurite otseses suremuses või muutustes põhikäitumistes (lokomatsioon, munemine, toitumine jt.). Kaudne mõju tuleneb ökosüsteemide muutustest sh elu ja varjupaikade hävingust.

Põllul on üheks tähtsamaks kahjurputukate ja umbrohuseemnete hävitajaks jooksiklased, keda maailmas teatakse üle 40 000 (Silfverberg 2004) ja Eestis 250 liiki (Haberman 1968: 18). Jooksiklaste toidulaud on mitmekesine ja varieeruv. Näiteks kevadel leidub nende soolestikust peamiselt taimseid jäänuseid, suve teisel poolel aga putukad. Ühe ööga võivad jooksiklased hävitada 2-3 korda rohkem kahjureid kui ise kaaluvad (Holland 2002: 101).

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli selgitada herbitsiidi Taifun® B mõju röövtoidulise metsa-süsijooksiku *Pterostichus Oblongupunctatus* (Coleoptera: Carabidae) põhikäitumistele – liikumis- ja toitumisaktiivsus.

Käesoleva uurimistöö hüpoteesid on:

1. Herbitsiid Taifun® B kutsub metsa-süsijooksikul esile muutusi lokomotoorses aktiivsuses.
2. Taimekaitsevahendil Taifun® B on pärssiv mõju metsa-süsijooksikute toitumisaktiivsusele.

Autori tänu pälvivad bakalaureusetöö juhendajad Anne Must, PhD ja Karin Nurme MSc ning inglise keele toimetaja Jonathan Willow. Rahastusallikas: IUT36-2 "Jätkusuutlik taimekaitse: ökosüsteemi teenuste rakendamine taimekasvatuses".

KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1 HERBITSIIDIDE KASUTAMINE PÕLLUMAJANDUSES

Ligi 50 riigi põllumajandusministrid allkirjastasid 16. jaanuaril 2010. aastal Berliinis ühisavalduse selle kohta, kuidas maailma kliimat võimalikult vähe mõjutades tagada toiduga kindlustatus ka tulevikus, kui maailma rahvastik ja nõudlus toidu järgi olulisel kasvavad. Tollase põllumajandusministri Helir-Valdor Seedri sõnul tähendab see eelkõige märgatavat teadusarengut, et põllumaad saaks harida jätkusuutlikult ja efektiivsemalt (50 põllumajandusministrit: nõudlus toidu järgi kasvab hüppeliselt 2018).

Kasvatamaks kvaliteetseid ning saagikaid põllukultuure, on vaja luua taimedele ideaalilähedased elu- ja kasvutingimused, mille hulgas on olulise faktoriga ka umbrohutõrje. Umbrohtude all mõistetakse kõiki neid taimi, mida inimene ei soovi kultiveerida, kuid mis on kohanenud kultuurtaimede kasvutingimustega ja kasvavad nendega koos, vähendades saaki (Chacón, Gliessman 1982).

Tänapäeval kasutatakse ebasoovitavate taimede hävitamiseks nii surve- (umbrohi surutakse maha lopsakalt kasvavate kultuurtaimedega) kui ka mehhaanilist umbrohutõrjet (näiteks äestamine, kündmine, kõrrekoorimine) (Buczacki, Harris 2010: 39). Eelpool mainitud võtetest ainuüksi alati ei piisa. Mitmete umbrohtude seemned jäävad osalisel määral ikkagi mulda, mille tulemusena suudavad palju taimed peale mehhaanilist tõrjet uuesti tärkama hakata (Capinera 2005). Arvestades umbrohtude bioloogilist mitmekesisust, suurt kohanemis- ja paljunemisvõimet ning elujõudu, pole võimalik neid tõrjuda ainult surve- ja mehhaaniliste võtete abil. Lisavahendina tulebki tänapäeval appi keemiline umbrohutõrje, mis aitab hävitada seemnest või eelnevast taimest tärkama hakanud taimi. Keemilise umbrohutõrje eelisteks teiste tõrjevõtete ees on kiirus ja efektiivsus (Bastiaans jt 2008).

Herbitsiidid ehk umbrohutõrjevahend on agrokemikaal, mida kasutatakse umbrohu ja soovimatute taimede hävitamiseks. Põllumajanduslikes piirkondades kasutatakse herbitsiide, et aidata kaasa põhikultuuri arengule, surudes alla konkurentsi umbrohtude hävitamisega.

Umbrohutaimede surmamise protsessi kestvus herbitsiidiga kokkupuutumisel on vägagi lühike ning võib toimuda ükskõik millises umbrohu kasvu arengujärgus (Damin, Trivelin 2011).

Herbitsiide jaotakse kahe alajaotusega nelja erinevasse rühma (Laht jt 2011):

- Taimedesse toimiva viisi põhiselt:
 - kontaktsed: hävitab ära vastava taimeosa millega lahus kokku puutub.
 - süsteemsed: herbitsiid tungib taimesse juurte või maapealsete osade kaudu, kanduvad taimes laiali ning hävitavad kogu taime.
- Hävitamise tulemuse põhiselt:
 - valiva toimega: hävitavad ära ainult teatud taimede perekondi - kasutatakse näiteks kaheiduleheliste umbrohtude hävitamiseks teravilja hulgast.
 - üldhävitavad: hävitavad ära kogu taimestiku.

Keemiline umbrohutõrje on õigustatud ja möödapääsmatu teatud olukordades, näiteks kui on tegemist suurte pindadega, aed on pikka aega olnud hooldamata, kasutusele võetakse uus maa, tegemist on raskesti ligipääsetavate kohtadega, levinud on väga agressiivse kasvuga või koguni inimesele mürgised umbrohud (näiteks Sosnovski karuputk) (Buczacki, Harris 2010: 40).

Tulenevalt herbitsiidide efektiivsuse sõltumisest paljudest teguritest (nt ilmastik, rohtumuse tase, herbitsiidi toimeaine), antakse taimekaitsevahendite kulunormid tavaliselt teatud intervalliga, kus on arvesse võetud antud põllu mullastiku tingimused, umbrohtude liigilist koosseisu, kultuuri ja umbrohtude kasvufaasi ning pritsimise aja ilmastiku tingimusi Buczacki, Harris 2010: 40). Madalamaid kulunorme herbitsiidide puhul võib kasutada, kui tõrje efektiivsust mõjutavad tingimused on soodsad. Näiteks kasutatava herbitsiidi mõju on põllul kasvavatele enamikele umbrohuliikidele väga hea; umbrohud on väiksed (idulehtede ja esimeste pärislehtede faasis) ning nende arvukus on madal; kultuurtaimede hea kasv ja optimaalne mullaniiskus ning temperatuur (viimased on eriti olulised mullaherbitsiidide puhul). Kui mõni loetletud tingimustest on vastupidine, siis tuleb herbitsiidi kulunormi suurendada, kui mitte üle lubatud normide (Uusna jt 2004).

Umbrohtusid saab küll edukalt tõrjuda herbitsiidide pideva kasutamisega, samas peaks silmas pidama, et taimekoosluse ühe komponendi totaalne hävitamine ei tohi olla eesmärgiks omaette. Oluline on külvide kontrolli alla võtmine ning hoidmine sellel tasemel, kus umbrohtude negatiivne toime kultuuride saagile oleks minimaalne (Kuill, Lauringson 1998).

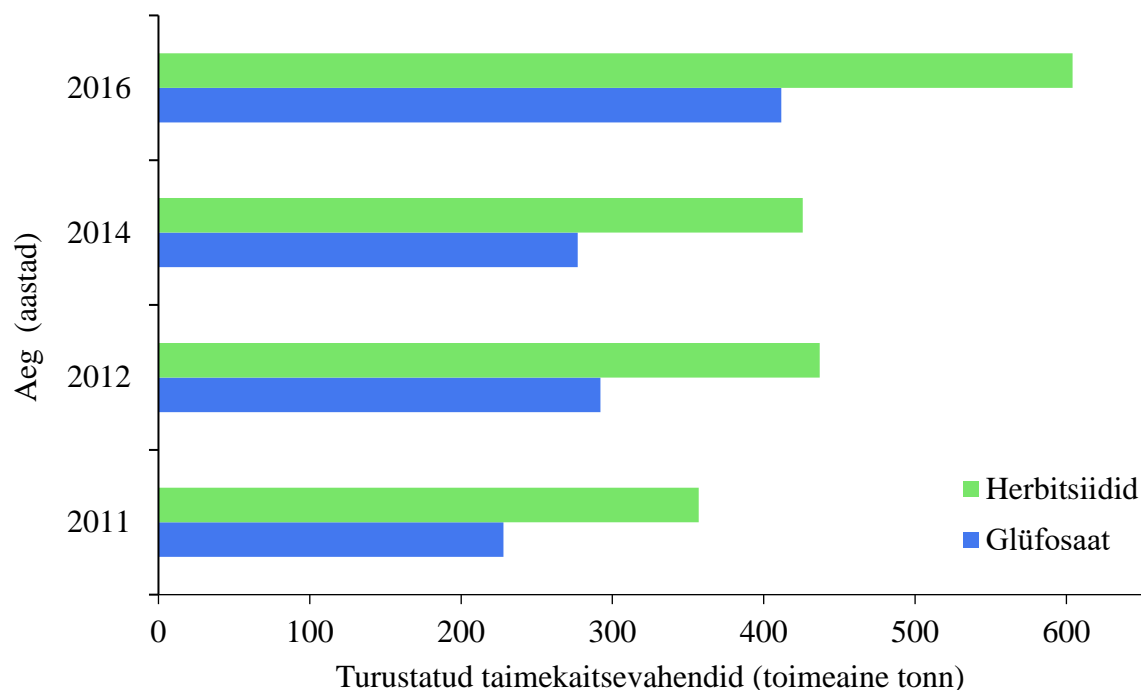
Glüfosaadipõhised herbitsiidid on tänapäeval maailmas kõige rohkem kasutatavad umbrohutõrjevahendid. Nõudlus keemilise umbrohutõrjevahendi vastu on kasvanud geneetiliselt muundatud (GMO) glüfosaadi resistentsed põllukultuuride arendamise tulemusena (Duke, Powles 2009).

Geneetiliselt muundatud organismide tahtlikku keskkonda viimist reguleerib Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2001/18/EÜ (Keskkonnaministeerium). Arenenud Euroopa maades on GMO taimedest lubatud kasvatada ainult maisi. Vastava kultuuri viljelemist on heaks kiitnud ainult mõned üksikud riigid (Hispaania, Portugal, Tšehhi ja Slovakkia) (European Biotechnology 2017). Põllukultuuride kasvatamise tulemusena on kasvanud taimekaitsevahendite kasutamise hulk drastiliselt, näiteks tuleb Hollandis haritava maa hektari kohta üle 10 kg (preparaadina) pestitsiide (Lauk, Viidalepp “Umbrohtude tõrje rakendusuuringud köögiviljanduses taimekaitse meetmete efektiivsuse ning keskkonna säästlikkuse tõstmiseks” 2008). Pisut vähem kasutatakse neid Hispaanias, Prantsusmaal ja Inglismaal. Euroopa riikide edetabeli lõpuosas on Põhjamaad, kus kasutatakse taimekaitsevahendeid alla kahe kilogrammi haritava maa hektari kohta (Lauk, Viidalepp 2008).

Statistikaameti „Põllumajanduskeskkonna näitajate“ andmebaasi põhjal on samal ajal turustatud taimekaitsevahendeid põllumaadel (va mahepõllumaa) ca 0,68 kg/ha. Herbitsiidid moodustavad turustatud taimekaitsevahenditest ligikaudu 75 %. (KK15: Põllumajanduskeskkonna näitajad).

1.1 Glüfosaadil põhinevate herbitsiidide kasutamine põllumajanduses

Eestis on viimase 6 aasta jooksul turustatud glüfosaadil põhinevate taimekaitsevahendite hulk peaaegu kahekordistunud (Joonis 1), moodustades kõikidest turustatud taimekaitsevahendites ca 70 %. Kui 2014. aastal oli glüfosaate sisaldavate herbitsiidide müüdud kogus umbes 270 tonni, siis 2016. aastaks oli see kasvanud juba üle 400 tonni. (KK2085: Turustatud taimekaitsevahendid toimeaine järgi 2018)



Joonis 1. Glüfosaadil põhinevate herbitsiidide osakaal Eestis turustatud herbitsiididest aastatel 2011-2016. Statistikaamet 16.04.18. Glüfosaadil põhinevate herbitsiidide andmed 2013. ja 2015. aasta kohta Statistikaametis puuduvad.

Glüfosaadil põhinevate toodete kasutamisel tuleb järgida Põllumajandusministri 22.05.2015 määrust nr. 90 „Taimekaitsevahendi kasutamise ja hoiukoha täpsemad nõuded“ ning Veeseadusest tulenevaid kasutuspiiranguid. Toote kasutamine on keelatud sellistel aladel nagu avalikud pargid ja aiad, spordi- ja puhkealad, koolialad ja laste mänguväljakud ning tervishoiuasutuste vahetus läheduses asuvad alad. Koristuseelne kasutus on lubatud ainult umbrohu soovimatu kasvu piiramiseks või takistamiseks (Riigiteataja). Lisaks kehtib glüfosaadi kasutamise keeld kõikide kultuuride kasvuperioodil, samuti haljasväetiseks kasvatamisel ning meetaimedel (Põllumajandusamet a).

Tuntuim glüfosaadil põhinev umbrohutõrjevahend on Monsanto firma poolt 1974. aastal loodud RoundUp. Vastav agrookeemiline tõrjevahend liigitub oma põhiaine glüfosaadi tulemusel üldhävitatavaks herbitsiidiks (Buczacki, Harris 2010: 40). Eelnimetatu on maailmas kõige rohkem kasutatav herbitsiid nii põllumajanduses, aianduses, metsanduses jne (Roberts jt 2010; Wang jt 2016; Gallardo jt 2016). Glüfosaat on bioaktiivne põhikoostisosa mitmetes mitteselektiivsetes ehk üldhävitatavates herbitsiidides (Janssens ja Stoks 2017). Eestis on turule lubatud 40 herbitsiidi, mille toimeaineks on glüfosaat (KK2085: Turustatud taimekaitsevahendid toimeaine järgi). Suurem osa glüfosaati sisaldavaid taimekaitsevahendeid

on vabamüügis, 10 toodet kätte saadavad ainult taimekaitsetunnistust omavatele isikutele (Põllumajandusamet, 2018). Alates 2016. aastast on keelatud kasutada neid glüfosaati sisaldavaid taimekaitsevahendeid, mis sisaldavad lisainena polüetoksüleeritud rasvamiini (Põllumajandusamet b).

Glüfosaadil põhinevad herbitsiidid on tugeva toimega, tappes ära enamik ühe- ja mitmeaastased umbrohud. Kokkupuutes taimega pärsib mürkaine kultuuri kasvamiseks vajalike aminohapete sünteesimiseks vajaminevate ensüümide tootmist (fenüülalaniini, trüptofaani ja türosiini), mille tagajärjel taim nälgib ning hävib (Metspalu 2015).

Tulenevalt jätkuvalt suurenevale herbitsiidide (sh glüfosaadil põhinevate) kasutamise kasvule, on tehtud erinevaid uuringuid, et vaadelda, kas ja kui palju glüfosaat mõjutab mulda, sellel kasvavat taimestikku, loomastikku ning ka mõju inimestele. (Di Rienzo 2013). Glüfosaati arvati eelnevalt olenevat keskkonnasõbralik herbitsiid tänu oma kiirele võimele imenduda mullaosakestesse (Hagner jt 2015). Katsed on näidanud, et glüfosaadi eluaeg maapõues ulatub mõnest päevast kuni 1000 päevani. Glüfosaadi poolestusaeg sõltub kasutatud kogusest, mullastikust, kliimast ja muudest tingimustest (Dousset jt 2004)

Glüfosaadi põhiliseks metaboliidiks ehk ainevahetussaaduseks on aminofentüülfosfoonhape (AMPA), mis püsib mullas kauem kui glüfosaat. AMPA-l on hea keskkonnas säilimise püsivus ning pinnases liikuvus. Lisaks on AMPA mürgine mitte sihtmärgiks olevatele organismidele (Damin, Trivelin 2011). Olgugi, et glüfosaati on iseloomustatud kui mullas kiiresti liikuvat ja biolagunevat ainet (Dill jt 2010), jõuavad tükikesed selle koostisosadest, eriti AMPA kahjuks ka sademete tõttu põllukraavide veekogudesse (Kolpin jt 2006; Gimsing 2008.), kus võivad püsida kuni 60 päeva (Annett jt 2014) ja sealt edasi taime. Erinevate laboratoorsete uuringute tulemused on näidanud, et tehnilistes preparaatides esinevate pindaktiivsete ainete tõttu, on AMPA rohkem mürgisem näiteks veeorganismidele kui glüfosaat ise (Folmar jt 1979; Mann ja Bidwell 1999; Servizi jt 1987).

Eesti Keskkonnauuringute 2018. aastal avaldatud uuringus uuriti erinevate taimekaitsevahendite jääkide sisaldust ja dünaamikat pinna- ja põhjavees. Töös avastati, et enamkasutatud taimekaitsevahendite jääkidest leiti glüfosaati jõgedest 12 korral (6 proovi sisaldas glüfosaati üle 0,1 µg/L ja glüfosaadi laguainet AMPA-t 16 korral, millest üle 0,1 µg/L oli 12 proovi. Mõlema toimeaine maksimaalne lubatud määr on kuni 0,05 µg/L. (Eesti Keskkonnauuringute keskus, 2018)

Viimased katsed on tõestanud, et glüfosaadil põhinevate herbitsiidide kasutamisega tuleb olla eriti ettevaatlik. Kui siiani oli arvatud, et mulda sattunud glüfosaat seotakse ja inaktiveeritakse mullas kiiresti, siis praeguseks on leitud, et mullaosakeste poolt esialgselt seotud jäägid vabanevad kergesti (Metspalu jt 1999). Lisaks seob glüfosaat mullas vaseühendeid moodustades glüfosaat-vase kompleksi (Morillo jt 1997) ning suurendab Fe ja Al sisaldust mullas (Gerritse jt 1996). Silva, Montanarella jt (2018) uuringute põhjal selgus, et 317. Euroopa Liidu muldade proovidest 45 % sisaldasid glüfosaadi ja/või AMPA jääke, 42 % proovidest leidis ainult AMPA ning 21 % ainult glüfosaadi jääke (Silva jt 2018).

Kommertspreparaatides segatakse glüfosaati siiski pindaktiivsete ainetega, mis võivad osadele organismidele olla kahjulikud, see tähendab neurotoksilised või mürgised (Michalková ja Pekár, 2009). Lisaks on avastatud, et glüfosaat mõjutab rakkude ainevahetuse toimet. Samuti võib glüfosaat mõjutada osküdatiivseid protsesse, mis omakorda toob kaasa antioksidantse süsteemi toimingu häireid. (Sergievt 2006; Miteva jt 2010; Gomes, Juneau 2016; Gomes jt 2016).

1.2 GLÜFOSAADIL PÕHINEVATE HERBITSIIDIDE MÕJU LÜLIJALGSETELE

1.3 Mõju suremusele

Kui varasemalt on leitud, et herbitsiidid põhjustavad vähest suremust kahjurputukatele (Saska jt 2016b), pigem on avastatud, et tulemus on lausa vastupidine (Cruz jt 2017), Eelpool mainitud katse põhjal jälgiti lisaks jooksiklaste suremust herbitsiidiga kokkupuute tagajärjel. Eraldi vaadeldi emas- ja isasloomade vastupanu peale glüfosaadiga kokku puutumist. Emasloomadel oli madala kontsentratsiooniga lahuse puhul ($33,5 \text{ mmol/dm}^3$) suremuse määraks 38,5 %, kangema lahusega ($133,8 \text{ mmol/dm}^3$) kokkupuutel 47,2 %. Isasmardikatel oli analoogsete töötluste tulemustel vastavateks numbrites 28,8 % ja 28,3 % (Saska jt 2016b).

1.4 Mõju põhikäitumistele

1.4.1 Toitumine

Toitumine on vajalik peamisteks füsioloogilisteks protsessideks nagu metabolism, kasvamine ja paljunemise edu. Lisaks on see tähtsuselt teine biomarker ökotoksilistes uuringutes (Desneux jt 2007; Prasifka jt 2008).

Saska jt (2016b) uurisid glüfosaadi mõju lepatriinu *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) toitumisele. Kõikide mardikate toidu tarbimise hulk küll erines aga ei olnud statistiliselt usaldusväärne. Kontrollrühma isendid tarbisid antud katses keskmiselt 1,7 mg mardika kohta. Nõrgema lahusega ($33,5 \text{ mmol/dm}^3$) töödeldud mardikad tarbisid kõige rohkem toitu, ligikaudu 2 mg mardika kohta, mis on 17 % suurem kui kontrollkatse isenditel.

Kangema lahusega ($133,8 \text{ mmol/dm}^3$) mardikate keskmine tarbitud toidu kogus oli ca 1,35 mg mardika kohta ehk ca 20 % vähem kontrollrühma isenditest (Saska jt 2016b).

1.4.2 Viljakus ja munemine

Varasemate katsete tulemused on näidanud, et jooksiklased keelduvad paaritumast pinnasel, mida on mõjutatud herbitsiidiga. Lisaks ka paarilisega, kes on kokku puutunud vastava kemikaaliga. Eelpool mainitud tulemus toob omakorda kaasa jooksiklastel madala viljakuse (Michalkova, Pekar 2009).

Samas Saska, jt (2016b) näitasid lepatriinu *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) katsega, et nii nõrgema ($33,5 \text{ mmol/dm}^3$) kui ka kangema kontsentratsiooniga ($133,8 \text{ mmol/dm}^3$) lahused ei mõjuta vastava putuka viljakust negatiivselt. Munade arv ning nendest koorunud vastsete arvud töötlusgruppide omavahelisel võrdlusel ei erinenud, ent võrreldes kontroll – rühma loomadega oli koorunud munade arv 20 võrra väiksem (Saska jt 2016b).

Lisaks on teadustööde tulemused näidanud, et järgnev aasta peale RoundUp'iga pritsimist on jooksiklase munade arv vähenenud hulgaliselt võrreldes töötlemata põlluga. Nähtuse põhjuseks arvatakse olevat püsivad glüfosaadi jäägid mullas. Kuna põldudel elavad jooksiklaste liigid talvituvad mullas, samuti munevad oma munad eelpool mainitud kohtadesse, siis glüfosaadi jääkide tulemusel väheneb ka munade arv, mis omakorda toob kaasa nende liigi vähenemise (Saska jt 2016b).

1.4.6 Lokomotsioon

Lokomotsioon on peamine osa mitmetes käitumismustrites nagu näiteks elupaikade valikul, ümbruskonna avastamisel, röövimise ja põgenemise reageerimisel jne. Herbitsiidide kasutamine mõjutab muutusi lokomotsiooni peegelduses biokeemilistes ja füsioloogilistes protsessides (Jensen jt 1997; Baatrup, Bayley 1998; Bayley 2002) ja kokkupuute tagajärjed

võivad negatiivselt mõjutada mitmeid tähtsaid käitumismustreid (Haynes 1988; Everts jt 1991; Bayley 2002).

Mitmete katsete põhjal on ilmnenud, et glüfosaadil põhinevad herbitsiidid peletavad jooksiklased näiteks maasikapõllult eemale kuni 28 päevaks ja teraviljal kuni kuuks (Michalková, Pekar 2009). RoundUp'i kasutamine on kaasa toonud lehetäide arvukuse kasvu teraviljadel, kuna kasurid on teraviljapõllult lahkunud (Potts jt 1994). Jooksiklaste glüfosaadil põhinevate herbitsiidide töödeldud aladelt lahkumise üheks põhjuseks on, et ridadevahelise taimiku hävitamisega kadusid seal elavad saakloomad, lisaks vähenesid olulisel määral varjevõimalused. Umbrohi hakkas glüfosaadi mõjul kolletuma 7 – 10 päeva möödudes ja taimik hävines 2 – 3 nädala jooksul. Selleks ajal olid kadunud ka jooksiklased (Trager 2012). Oma osa mängisid kindlasti ka preparaadi jäägid ja lagundproduktid, näiteks AMPA pikaaegne peletav toime, sest jooksiklased ei ilmunud põldudele, kus neil oli nii toitu kui varju. Katsete tulemused on näidanud, et peale kevadist pritsimist jooksiklaste arvukus võib taastuda alles suve lõpupoole. (Metspalu jt 1999).

Michalková, Pekár'i (2009) teadustöö katse tulemusel selgus, et herbitsiidiga töödeldud jooksiklaste kiirus vähenes märgatavalt võrreldes kontrollrühma mardikatega. Nende aktiivsuse vähenemist võisid põhjustada herbitsiidi jäägid, mis kleepusid jooksiklaste tundlate külge. Sellest tulenevalt pidid mardikat pidevalt peatuma, et oma tundlate eest hoolitseda. (Michalková, Pekár 2009).

1.3 JOOKSIKLASTE TAIMEKAITSELINE TÄHTSUS

Jooksiklased (*Carabidae*) on putukate sugukond mardikaliste seltsist. Neid teatakse kui kiiresti liikuvaid ja röövtoidulisi (karnivoor) putukaid, keda esineb liigirikkalt ja arvukalt mitmesugustes ökosüsteemides. Arvatav liikide arv maailmas on üle 40 000 (Silfverberg 2004). Eestis on avastatud ligikaudu 275 liiki (Haberman, 1968: 18).

Jooksiklased on enamasti tumedatoonilised, saledad, tugevate jooksujalgadega, ent tugev varieeruvus erineb nii morfoloogias, värvuses kui ka suuruses. Eestis esinevate liikide suurused on 2 mm kuni 4 cm (Haberman, 1968: 21). Enamasti öise eluviisiga, varjudes päeval kivide ja mullatükkide all. Ühe ööga võivad jooksiklased hävitada 2-3 korda rohkem kahjureid kui ise kaaluvad (Holland 2002: 10).

Jooksiklasi on tihti mainitud kui potentsiaalselt tähtsaid röövlloomi paljude erinevate põlluja/või metsakahjurite suhtes (Holland 2002: 101). Jooksiklased toidulauale kuuluvad nälkjad, nematoodid, ämblikud (Pollet, Desender 1987), putukatest lehetäid (Sunderland 1975; Sunderland jt 1987), kapsakärbse munad ja vastsed (Buczacki, Harris 2010), pahksäase vastsed (Floate jt 1990) jpt. (Holland 2002; 102)

Peale karnivoorlusele tarbivad nad suuremal või vähemal määral taimset toitu. Peamiseks taimtoiduks on mardikatel erinevate umbrohutaimede seemneid. Honek jt (2003) hinnangul süüakse jooksiklaste poolt Tšehhis 1 m² suurusel alalt ühe päeva jooksul ligikaudu 4000 seemet. Samas pole teadlaste poolt tähele pandud, et jooksiklased hävitaksid viljaseemneid. Lisaks hävitatakse aastas 83–85 % võilille seemnetest (Honek jt 2005). Seemnete hävitamise tulemusena jooksiklaste poolt, väheneb märgatavalt mullas olev umbrohupank, mis omakorda peaks põllumajandustootjatel aitama vähendada keemilise herbitsiidide kasutamise vajadust. (Merivee jt 2012).

Taimse toidu osakaal mardikate menüüs sõltub aastaajast. Näiteks vask-süsijooksiku soolestikust leiti kevadel 67 % taimseid jäänuseid. Suve teisel poolel aga domineerisid sooleleidudes putukad (80 %) (Holland 2002: 101). Nõnda mõjutabki jooksiklase arvukust nii

loomse kui taimse toidu olemasolu ja kättesaadavus. Seetõttu erineb jooksiklaste liigiline koosseis ka eri põllukultuurides (Frank 1997).

Jooksikaste varakevadine ilmumine põldudele aitab vaos hoida kahjurputukate populatsioone. Näiteks varakevadel, kui põllumaad on veel viljelemata, võib toidupuudus olla tõsiseks probleemiks jooksiklaste kevadise hooaja paljunemisel. Emasjäädikad võivad saada ilma söögita hakkama kuni 200 päeva, siis isasjäädikad vaid kuni 100 päeva (Knapp 2016). Üheks peamiseks söögiallikaks jooksiklastele on lehetäid, kes talvituvad munadena mullas. Kevadel, kui lehetäid on munadest koorunud on see ideaalseks söögiallikaks jooksiklastele, olgugi, et lehetäid ise on madala toiteväärtusega. Munade hävitamisega jooksiklaste poolt hoitakse vaos kahjurputukate populatsioone (Holland 2002: 101).

2 MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Katseloom

Uurimistöö katsed viidi läbi metsa-süsijooksiklastega (*Pterostichus oblongopunctatus*), kes on umbes 9 – 13 mm pikkused röövtoidulised mardikad. Liigi elupaikadeks on leht – , sega – ja okasmetsad (Bednarska, Laskowski, Pyza jt 2016), niisked ja märjad pinnased, harva lodud ja paigad, kus mets mererannikule läheneb (Haberman 1968: 464).

Katsemardikad korjati 2017. aasta novembris Lõuna – Eestist, nende talvituspaikadest, käändudelt ja puukoorte alt. Peale korjet säilitati putukaid plastkarbis (30 cm x 20 cm x 10 cm), mis oli täidetud pruunmädanikuga nakatunud puutükkidega. Karpi hoiti külmkapis +5 °C temperatuuri juures. Neli päeva enne katse alustamist võeti jooksiklased külmkapist välja ja hoiti toatemperatuuril Petri tassides, iga loom eraldi. Katsele eelnevatel päevadel anti jooksiklastele puhast vett, ent ei toidetud.

Katses osales 54 isendit, kes jaotati proportsionaalselt kolme võrdsesse rühma. Igasse gruppi kuulus 18 mardikat.

2.2 Herbitsiid Taifun® B

Katses kasutati herbitsiidi Taifun® B, mis on üldhävitava toimega orasheina ja teiste lühi- ning pikaealiste umbrohtude tõrjeks puuvilja- ja marjaaedade reavahedest, mittepõllumajanduslikel aladel, metsanduses ja mitmetes muudes kohtades. Herbitsiidi toimeaineks on glüfosaat 360 g/L, mis imendub taimesse ainult roheliste lehtede ja varte kaudu ning levib sealt edasi juurestikku. Mõju avaldub 10 päeva kuni kahe nädal möödudes lehtede kolletumisena kõigepealt kõrrelistel, seejärel kaheidulehelistel umbrohtudel. Parima tulemuse saamiseks on vajalik, et pärast preparaadiga töötlemist ei tuleks vihma vähemalt 6 tundi.

Taifun® B'ga ei tohi töödelda seemneviljapõlde. Ooteaeg koristamise ja pritsimise vahel peab olema vähemalt 10 päeva. Pritsitakse kui viljatera niiskuse sisaldus on alla 30 %. Optimaalne kulunorm on 3–4 L/ha. Raskesti tõrjutavatel kõrrelistel ja mitmeaastastel kaheidulehelistel umbrohtudel 5–7 L/ha. Pritsimisel tuleb kasutada kaetud poomi. Peale pritsimist ei tohi vähemalt kahe nädala jooksul mulda segada ega umbrohtude maapealsete ja maa-aluste osade sidemeid lõhkuda. Taifun® B ei oma järelmõju mulla kaudu (AS Baltic Agro, Eesti, 2018).

2.3 Töötlus

Katsed sooritati kahe Taifun® B lahusega, toimeainet glüfosaati oli 4,82 g/L ja 10,8 g/L, mis on vastavalt minimaalne ja maksimaalne kontsentratsioon, mida on lubatud põllumaadel keemiliseks umbrohutõrjeks kasutada. Mardikate herbitsiidiga töötlemisel kasutati nii nimetatud sukeldumismeetodit. Jooksiklasi „uputati“ lahustes 5 sekundit ning peale vastava protseduuri lõppu asetati koheselt ükshaaval Petri tassidesse. Nõude põhja oli eelnevalt paigaldatud veega niisutatud filterpaber.

Kontrollrühma jooksiklastel glüfosaadi preparaadiga kokkupuude puudus. Neid mõjutati ülalnimetatud viisil destilleeritud vees, peale mida paigutati mardikad analoogselt ettevalmistatud Petri tassidesse.

Filmimised toimusid kahel järjestikusel päeval. Filmimine kestis mõlemal päeval kaks korda 120 minutit. Peale esimese kahe tunni möödumist anti katsemardikatele ette toidupütid, mis olid täidetud purustatud vakladega (20 mg). Purustatud vaglad oli eelnevalt kaalutud elektroonilise analüütilise kaaluga (AS 220/X RADWAGWagi Elektroniczne, Poola). Peale mardikatele toidu ette andmist alustati uue kahetunnise salvestusperioodiga.

2.4 Filmimine

Filmimise ajaks asetati loomad koos 85 mm läbimõõduga Petri tassidega valguskindlasse kasti, mille mõõdud olid vastavalt 70 cm x 50 cm x 50 cm. Filmimise jaoks kasutati USB veebikaamerat C120 (Logitech Inc., USA), mis asetses 15 cm kõrgusel kasti kohal. Filmimise digiteerimise kvaliteet olid 640 x 480 pikslit kaadri kohta, mis lubab jälgida ka kõige väiksemaid liigutusi. Lisaks määratleda looma täpset asukohta areenil, nii söögialal kui sellest eemal. Areenid olid valgustatud kompaktsed LED-lambid MR 16 -6W (OSRAM, Italy). Lambi peale asetati valge linane riie, mis aitas kaasa valgustuse ühtlasemaks jaotusele kogu katseala ulatuses. Areenide valgustust mõõdeti digitaalse valgusmõõdikuga Digital Light Meter TES-1335 (TES Electrical Electronic Corp., Taipei, Taiwan). Kõik filmimised viidi läbi 21,5 °C temperatuuri juures.

2.5 Andmetöötlus ja statistiline analüüs

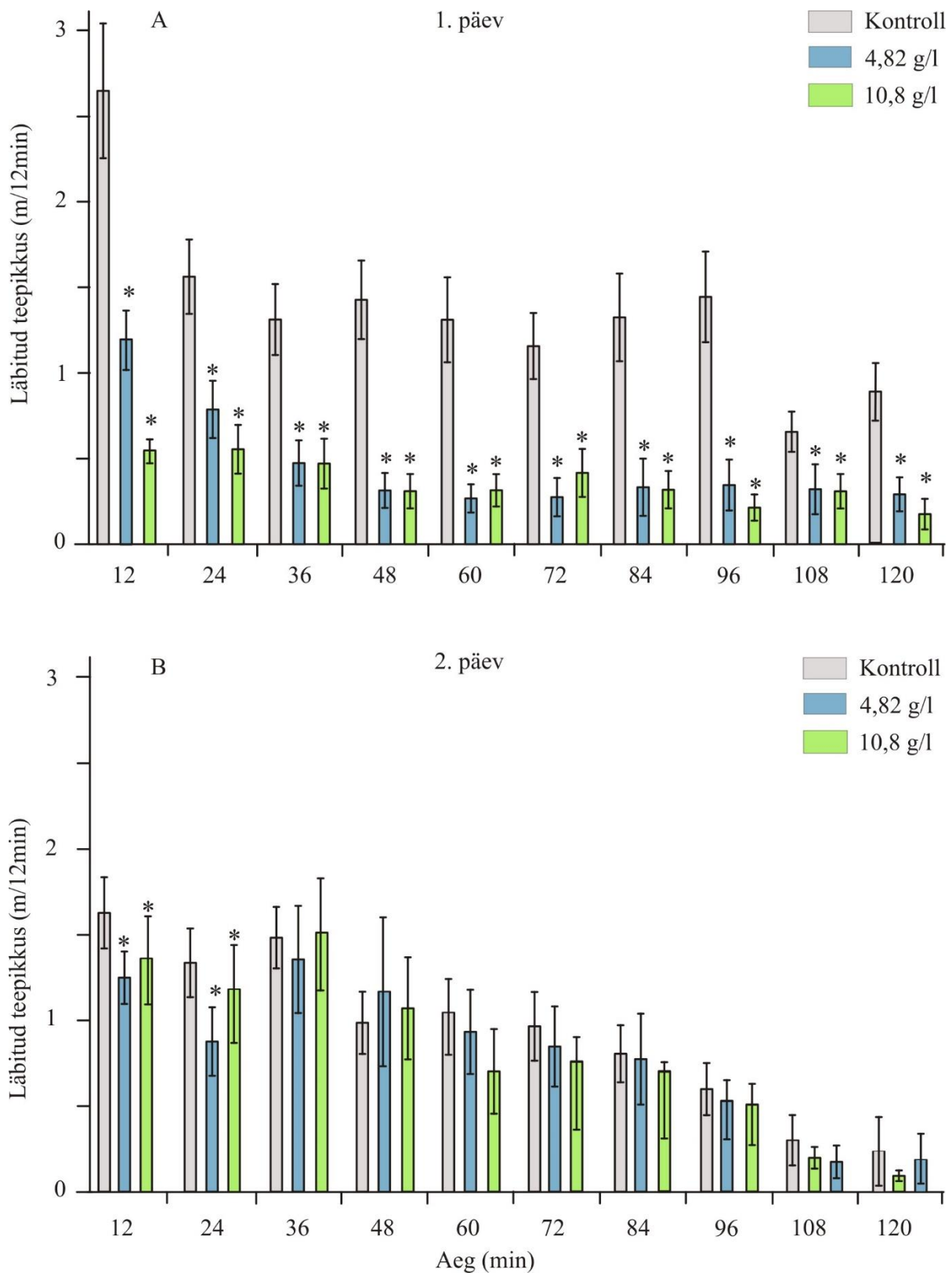
Põhikäitumise iseloomustamiseks mõõdeti lisaks eelnevalt mainitud tarbitud toidu kogusele järgmisi parameetreid: katse ajal läbitud teepikkust, toiduala külastamise sagedust ja toidu juures veedetud aega. Loetletud parameetrite mõõtmiseks kasutati video analüüsi tarkvara EthoVision XT Version 11 (Noldus Information Technology, Wageningen, The Netherlands). Taifun® B mõju hindamiseks jooksiklaste põhikäitumistele (lokomotoorne ja toitumisaktiivsus) kasutati dispersioonanalüüsi ANOVA post-hoc LSD testi (STATISTICA 13.3, TIBCO Software Inc., USA 2017).

3 TULEMUSED

3.1 Taifun® B mõju metsa-süsijooksikute lokomotsioonile

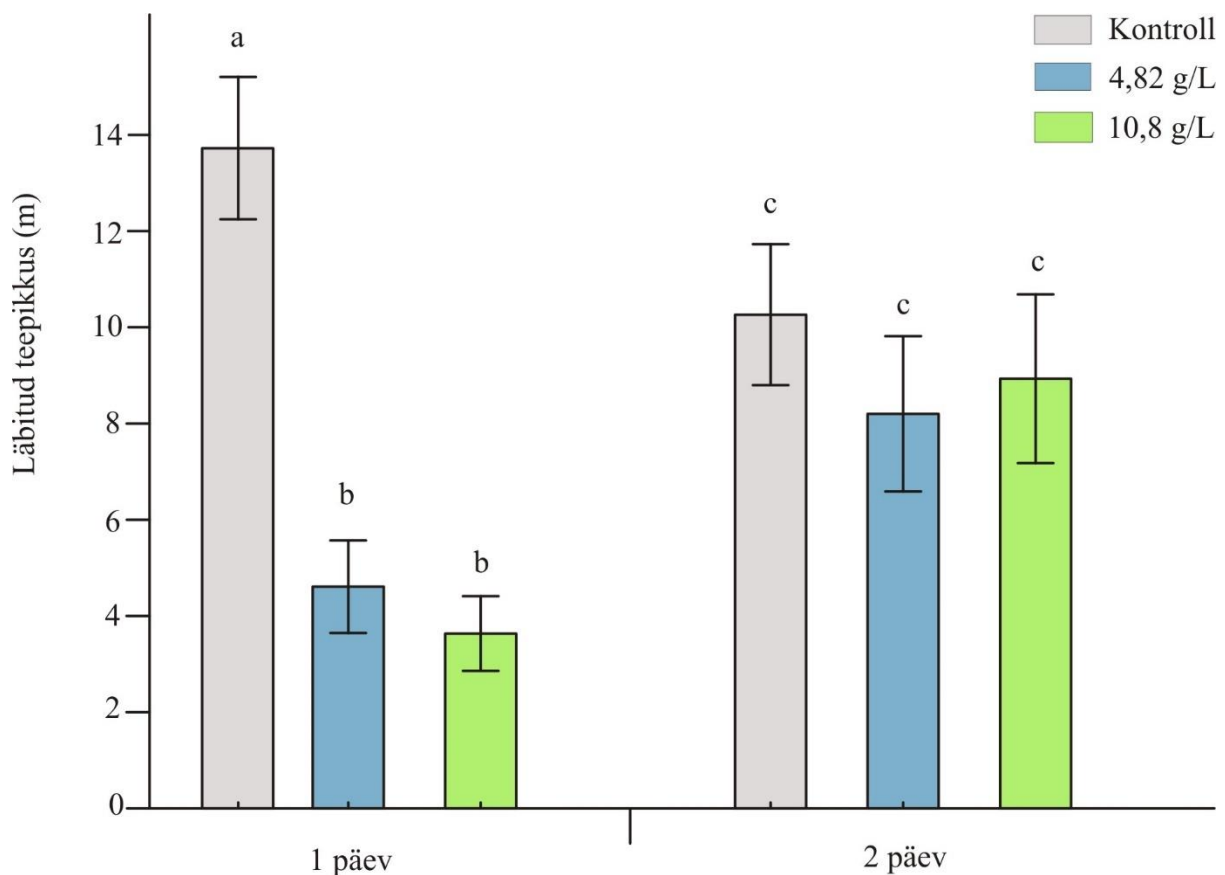
Herbitsiidi Taifun® B mõju lokomotoorsele aktiivsusele hinnati kahel järjestikusel päeval. Lokomotoorse aktiivsuse näitajatena kasutati mardikate poolt 12 min ja 120 min jooksul läbitud keskmisi teepikkusi. Katsetulemused näitasid, et herbitsiidiga töötlusele järgnenul ajal oli mõlemal kontsentratsioonil pärssiv mõju metsa-süsijooksiku liikumisaktiivsusele.

Vahetult pärast töötlust muutusid kõik pestitsiidiga töödeldud jooksiklased hüpoaktiivseteks, kontrollrühma mardikatega võrreldes läbisid nad lühemaid vahemaid (joonis 2A). Teisel katsepäeval, 24 h pärast töötlust, täheldati herbitsiidiga töödeldud katsegruppidel hüpoaktiivsust ainult esimesel 24 minutil. Kui kontrollrühm läbis keskmiselt mõlemal ajaperioodil 1,5 m, siis nõrgema lahusega töödeldud mardikad keskmiselt ühe meetri ning tugevama kontsentratsiooniga mõjutatud loomad 1,2 m (joonis 2B). Järgnevatel ajaperioodidel erinevate gruppide liikumisaktiivsuse vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei leitud.



Joonis 2. Taifun® B mõju metsa-süsijooksiku läbitud teepikkusele esimesel ja teisel katsepäeval (vastavalt A ja B). Lokomotoorne aktiivsus väljendub läbitud keskmise teepikkusena meetrites ajaperioodi (12 minutit) kohta. Tärnid tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahel (ANOVA, LSD test; $p < 0,05$; $N = 18$). Vertikaaljooned näitavad keskmist standarddviaga.

Taifun® B'ga töödeldud mardikate hüpoaktiivsust täheldati kogu läbitud teepikkuste võrdluses (Joonis 3). Esimesel päeval, perioodil kui veega töödeldud katseloomad läbisid 13,7 m, läbisid Taifun® B'ga mõjutatud loomad ca 3 korda lühema vahemaa, 3,6 – 4,6 m. Katse teisel päeval herbitsiidiga töödeldud mardikatel hüpoaktiivsust ei täheldatud. Katsemardikate summeeritud teepikkused võrdluses kontrolliga olid küll 1,25 korda lühemad, ent statistiline usaldusväärsus puudus.

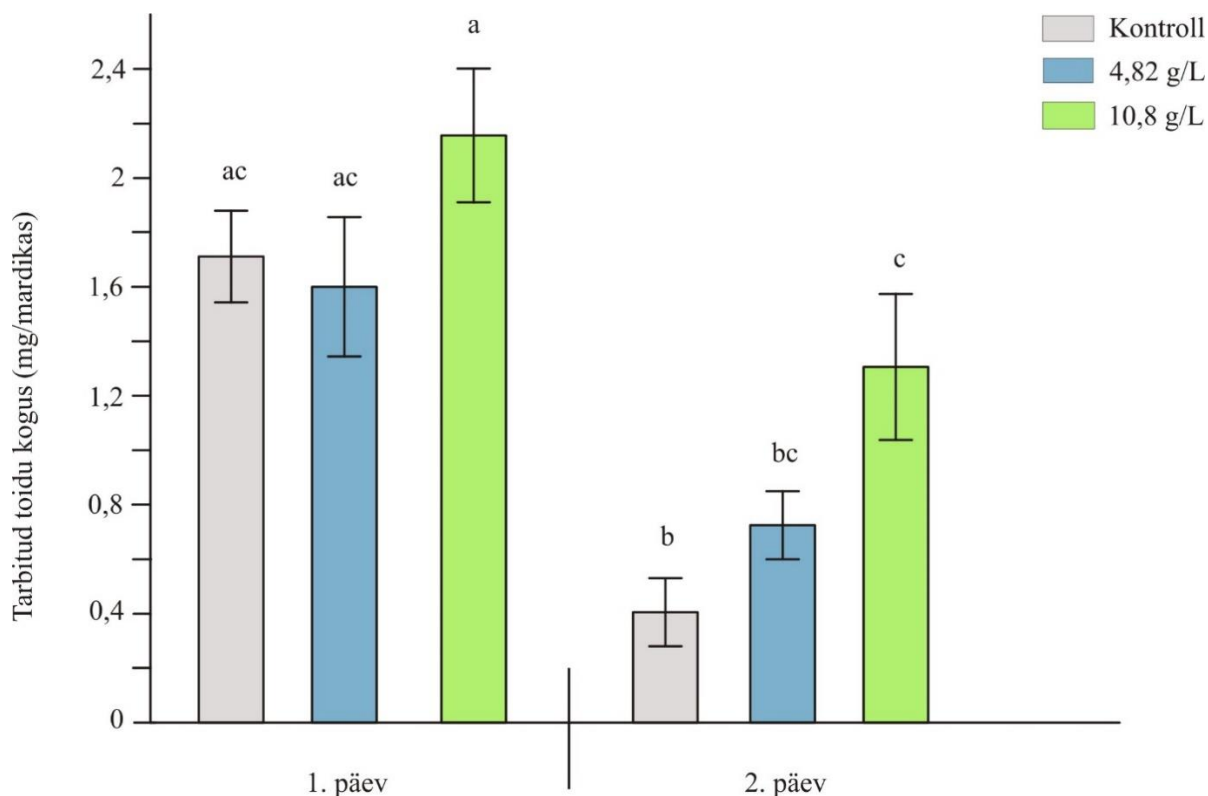


Joonis 3. Taifun® B mõju metsa-süsijooksiku kogu läbitud teepikkusele esimesel ja teisel katsepäeval. Lokomotoorne aktiivsus väljendub läbitud keskmise teepikkusena meetrites. Tähed tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahel (ANOVA, LSD test; $p < 0,05$; $N=18$). Vertikaaljooned näitavad keskmist standardviga.

3.2 Taifun® B mõju metsa-süsijooksikute toitumisaktiivsusele

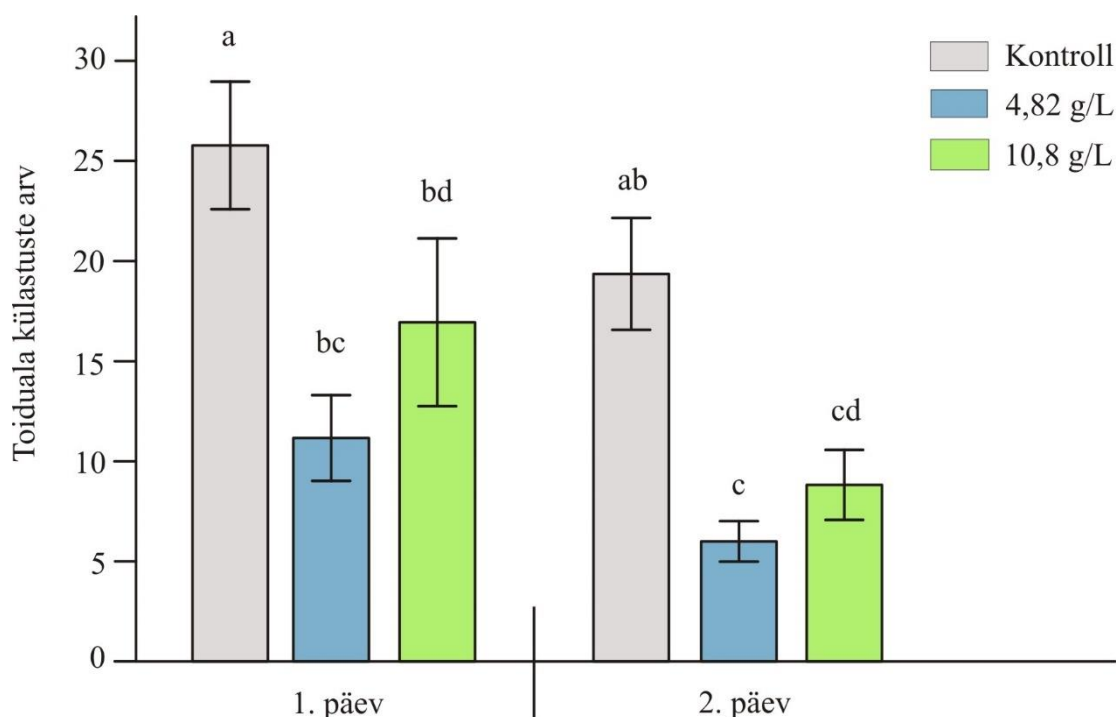
Mõlemal katsepäeval, pärast esimese kahe tunni filmimist, mõõdeti Herbitsiidi Taifun® B mõju toitumisaktiivsusele. Toitumisaktiivsuse näitajatenä kasutati mardikate tarbitud toidu kogust, toiduala küllastuste arvu ning seal viibitud aega. Katsetulemused näitasid, et herbitsiidiga töötlusele järgnenul ajal oli mõlemal kontsentratsioonil mõju metsa-süsijooksiku toitumisaktiivsusele.

Tarbitud toidu kogustes päevade lõikes olulisi erinevusi ei täheldatud. Esimesel päeval oli söödud toidu kogus kõikidel gruppidel sarnane. Teisel päeval sõid mõlemad herbitsiidiga töödeldud rühmad enam toitu kui kontrollrühma mardikad, statistiliselt oluline erinevus ilmnes kangema töötlusgrupi toidu tarbimises (Joonis 4).



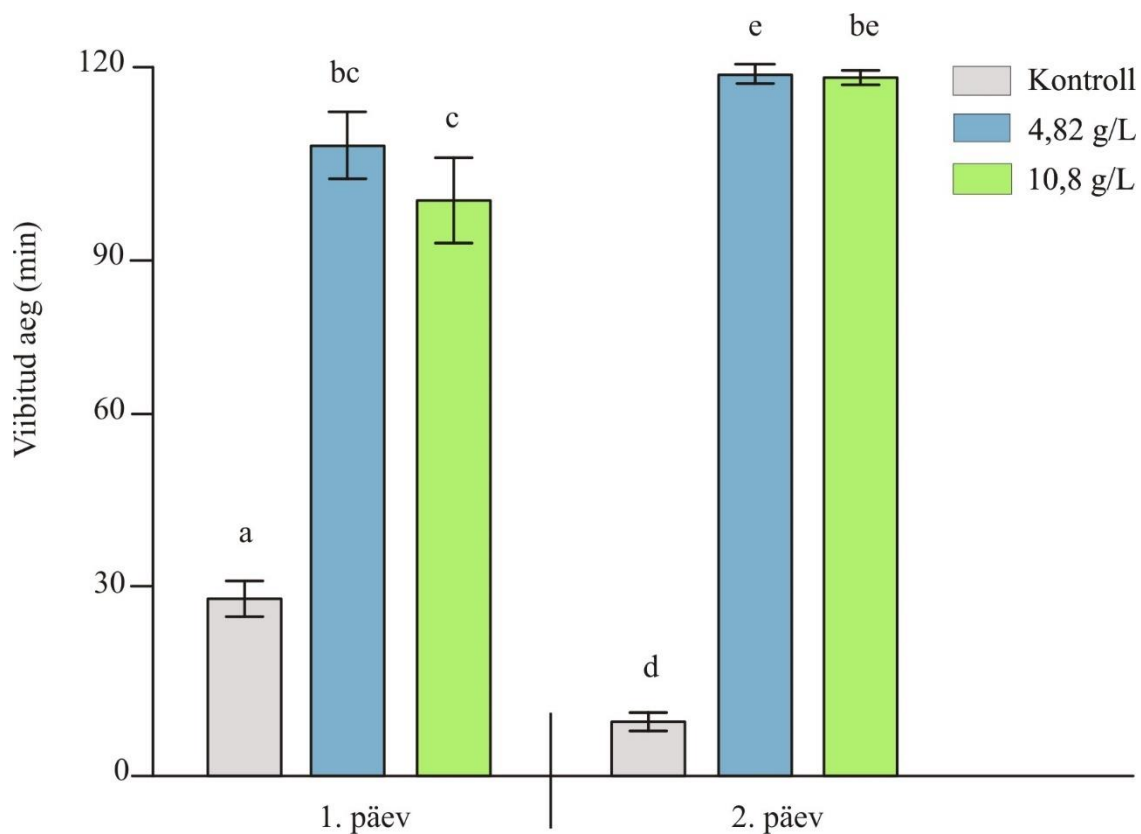
Joonis 4. Taifun® B mõju metsa-süsijooksiku tarbitud toidu kogusele mg/mardika kohta esimesel ja teisel päeval. Erinevad tähed tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahel (ANOVA LSD test; $p < 0,05$; $N = 18$). Vertikaaljooned näitavad keskmist standarddiga.

Preparaadiga töödeldud jooksiklased külastasid toiduala mõlemal katsepäeval vähem kui veega töödeldud jooksiklased. Kaks tundi pärast töötlust külastasid nõrgema kontsentratsiooniga mõjutatud loomad toiduala 2,2 ja tugevama glüfosaadi lahusega töödeldud jooksiklased toiduala 1,6 korda vähem kui kontroll-rühma mardikad. Teisel päeval olid vastavad numbrid 3,2 ja 2,1 (Joonis 5).



Joonis 5. Taifun® B mõju metsa-süsijooksiku toiduala külastuste arvule esimesel ja teisel päeval. Erinevad tähed tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahe (ANOVA LSD test; $p < 0,05$; $N=18$). Vertikaaljooned näitavad keskmist standardviga.

Toidualal viibitud aeg näitas samuti selget erinevust veega ja Taifun® B'ga töödeldud gruppide võrdluses – kogu katseperioodil viibisid herbitsiidiga töödeldud mardikad toidualal ajaliselt ca 6 korda kauem kui kontrollrühm (Joonis 6). Kontrollkatse jooksiklased viibisid esimesel päeval toidualal 22 % katse kestvusest (27 min). Teisel päeval vähenes viibitud aeg 14 % võrra (8 min). Herbitsiidiga töödeldud jooksiklastel oli vastupidine käitumise trend. Teisel päeval oli viibitud aeg toidualas kasvanud 97,5 % kogu katse kestvusest (117 min), olles esimesel päeval 81–86 % (97–103 min) kestvusest.



Joonis 6. Taifun® mõju metsa-süsijooksiku toidualas viibitud ajale esimesel ja teisel päeval. Erinevad tähed tulpade kohal tähistavad statistiliselt usaldusväärset erinevust töötluste vahel (ANOVA; $p < 0,05$; $N=18$). Vertikaaljooned näitavad keskmist standarddviiga.

3.3 Taifun® B mõju metsa-süsijooksikute suremusele

Katseloomade suremust jälgiti mõlemal katsepäeval ning salvestustele järgnenud nelja päeva jooksul. Taifun® B kontsentratsioonidel (4,82 g/L ja 10,8 g/L) mõju suremusele eelmainitud jälgimisperioodil ei täheldatud.

4 ARUTELU

Katsed metsa-süsijooksikuga näitasid, et jooksiklaste lühiajaline (5 sekundit) töötlemine herbitsiid Taifun® B (toimeaine glüfosaat) erinevate kontsentratsioonidega, ei põhjustanud mardikate suremust. Tulemus on vastupidine Saska jt (2016b) poolt läbiviidud katsed Aasia lepatriinudega *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) näitasid, et glüfosaadil põhinev herbitsiid põhjustas suremust 47,2 % katseloomadel (33,5 mmol/dm³ ja 133,8 mmol/dm³).

Herbitsiid Taifun® B pärssis mardikate lokomotoorset aktiivsust. Herbtsiidiga töödeldud jooksiklastel (nii nõrgema kui ka kangema kontsentratsiooni puhul) esines hüpoaktiivsus mõlemal katsepäeval, mille tulemusena vähenes kogu läbitud teepikkus ligikaudu 50 % võrreldes kontrollrühma isenditega. Samalaadse tulemuse said ka Michalková ja Pekár (2009), kes oma teadustöö käigus mõjutasid jooksilasi (*Poeceillus spp.*) glüfosaadil põhineva herbtsiidi (Roundup Biakotiv®) lahusega 5,2 g/L. Antud tööde tulemustel võib eeldada, et glüfosaadil põhinevate herbtsiidide kokkupuutel tekib mardikatel hüpoaktiivsus, mis võib jooksiklastele saada saatuslikuks (Holland 2002: 81). Hüpoaktiivsuse tulemusena võivad jooksiklased sattuda ise saakloomaks teistele röövtoidulistele putukatele, lisaks võib tekkida mardikatel raskusi saagi kätte saamisega. Hüpoaktiivsuse ühes peamiseks põhjuseks on glüfosaadi jääkide kleepimine jooksiklaste tundlate külge, selle tulemusena peavad jooksiklased tegema sagedasti peatuseid ja neid puhastama (Michalková, Pekár 2009).

Videosalvestused näitasid, et herbtsiid Taifun® B põllukontsentratsioonid (toimeaine glüfosaat sisaldusega 4,82 g/L ja 10,8 g/L) pärssivad metsa-süsijooksiku toitumisaktiivsust. Võrreldes kontrollrühma isenditega tarbisid nõrgema lahusega töödeldud mardikad sama koguse toitu, kuid toidu tarbimiseks kulus 6 korda pikem aeg. Kangema lahusega töödeldud mardikate toidu tarbimine suurenes kontrollrühma isenditega võrreldes 1,7 korda, ent söömisele kulunud aeg oli võrdne nõrgema lahusega töödeldud rühmaga. Käesoleva töö tulemused on kooskõlas Saska jt (2016b) tulemustega, kus näidati glüfosaadil põhineva herbtsiidi kontsentratsioonist tingitud muutusi Aasia lepatriinude *H. axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) toitumisaktiivsuses.

Vabanemaks mürgistest ühenditest on paljudel putukatel täheldatud puhta toidu ja vee tarbimismäära tõusu (Enno Merivee, suuline kommentaar).

Glüfosaadil põhinev herbitsiid Taifun[®] B oli vähetoksiline metsa-süsijooksikule, ent sel oli märkimisväärne mõju uuritud põhikäitumistele. Langused mardikate toitumis- ja ka liikumisaktiivsuses on otseselt seotud nende, kui kasulike röövtoiduliste mardikate, looduslike vaenlaste biotõrjelise efektiivsusega.

KOKKUVÕTE

Umbrohtumus mõjutab suurel määral põllukultuuride saagikust. Tänapäeval on umbrohtude tõrjumiseks mitmeid võimalusi, kuid kõige lihtsam ja tõhusaim neist on keemiline tõrje. Viimastel aastatel on turustatavate glüfosaadil põhinevate herbitsiidide kogus suurenenud ligikaudu kaks korda. Pestitsiidide kasutamine põllumajanduses mõjutab aga oluliselt seal elavaid kahjur – ja kasurputukaid.

Jooksiklased, kes on põldudel elavad kasulikud röövlüliljalgsed, aitavad suuresti kaasa umbrohuseemnete ja kahjurputukate hävitamisele. Kahjuks on aga herbitsiidide mõju kasulikele röövtoidulistele putukatele vähe uuritud.

Kirjandusest võib leida andmeid, et herbitsiididega põldude pritsimine võib tappa kuni 47% seal leiduvast jooksiklaste populatsioonist (Saska jt 2016a), samuti on näidatud glüfosaadil põhinevate herbitsiidide repellentset toimet jooksiklastele (Saska jt 2016b). Teisi tähtsaid põhikäitumisi antud vaatepunktist ei ole uuritud.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli selgitada herbitsiidi Taifun® B mõju röövtoidulise metsa-süsijooksiku *P. oblongupunctatus* põhikäitumistele – lokomotsioonile ja toitumisele.

Antud uurimistöö eksperimentaalses osas mõõdetid glüfosaadil põhineva herbitsiidi Taifun® B toimeaine kontsentratsioonide (4,82 g/L ja 10,8 g/L) mõju metsa süsijooksiku lokomotoorsele- ja toitumisaktiivsusele. Herbitsiidiga töötlemine toimus sukeldusmeetodi kaudu, kus jooksiklased kasteti lahusesse 5 sekundiks. Mardikate käitumist filmiti kahel järjestikusel päeval 4 tunni vältel ning suremust vaadeldi järgneval neljal päeval. Parameetrite mõõtmiseks kasutati videojälgmisüsteemi EthoVision® XT 11 ja tarbitud toidu kogused mõõdeti kaalumise teel.

Jooksiklaste mõjutamine glüfosaadil põhineva herbitsiidi lahustega näitasid, et mardikad muutusid koheselt peal töötlemist hüpoaktiivseteks. Hüpoaktiivsust esines ka katse teise päeva algul. Töödeldud jooksiklaste läbitud vahemaa vähenes kontrollmardikatega võrreldes mõlema päeva kokkuvõttes ca 50 %.

Taifun[®] B avaldas ka pärssivat mõju jooksiklaste toitumisaktiivsusele. Märkimisväärne toime avaldus eriti nõrgema lahusega töödeldud mardikatel, kes tarbisid kontroll-mardikatega võrreldes ligikaudu sama koguse toitu, seda aga 6 korda pikema aja vältel. Tugevama töötluse loomad tarbisid kontrollrühma jooksiklastest suurema koguse toitu, milleks kulus ka nendel 6 korda rohkem aega.

Glüfosaadil põhinev herbitsiid Taifun[®] B oli vähetoksiline metsa-süsijooksikule, ent sel oli märkimisväärne mõju uuritud põhikäitumistele. Langed mardikate toitumis- ja ka liikumisaktiivsus on otseselt seotud nende, kui kasulike röövtoiduliste mardikate, looduslike vaenlaste biotõrjelise efektiivsusega. Uurimustöö tulemustest lähtuvalt leidsid püstitatud hüpoteesid kinnituse.

KASUTATUD KIRJANDUS

Annett, R., Habibi, H. R., Hontela, A., (2014). Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment. *J. Appl. Toxicol. Journal of Applied Toxicology* 34(5)

Bednarska, A. J., Laskowski, R., Pyza, E., Semik, D., Świątek, Z., Woźnicka, O., (2016) Metal toxicokinetics and metal-driven damage to the gut of the ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus* *Environmental Science and Pollution Research* :22047-22058

Buczacki, S., Harris, K., (2010) Taimekahjurite ja haiguste käsiraamat. Tallinn: Varraks lk: 23-24; 39-40

Capinera, J. L., (2005). Relationships between insect pests and weeds: an evolutionary perspective. *Weed Sci.*, 53 (2005), pp. 892-901

Chacón J. C., ja Gliessman SR; (1982). Use of the “non-weed” concept in traditional tropical agroecosystems of south-eastern Mexico. *Agro-Ecosystems*;8(1):1-11.

Damin, V ja Trivelin P.C.O., (2011). Herbicides Effect on Nitrogen Cycling in Agroecosystems *Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia.* 107-124

Dill, G.M. jt. (2010). Glyphosate: Discovery, Development, Applications and Properties In *Glyphosate Resistance in Crops and Weeds: History, Development, and Management*; pages 1–33

Dousset, S., Chauvin, C., Durlet, P., Thevenot, M., (2004) Transfer of hexazinone and glyphosate through undisturbed soil columns in soils under Christmas tree cultivation. *Chemosphere* 57 (2004) 265.

Duke, S.O ja Powles S.B., (2009). Glyphosate-resistant crops and weeds: Now and in the future. *AgBioForum*;12(3-4):346-357.

Eesti Keskkonnauuringute keskus. (2018 a) Intensiivse põllumajandustootmise mõju pinnavee ohtlike ainete sisaldusele. Pestitsiidijääkide dünaamika uuring pinnaveekogudes. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/5ff3b2b2-2bf8-4df3-8e11-77dd61b3cf4a> 07.05.2018

Eesti Keskkonnauuringute Keskus., (2018 b) Taimekaitsevahendite jääkide sisalduse ja dünaamika uuring pinna- ja põhjavees https://www.envir.ee/sites/default/files/taimekaitsevahendite_jaakide_sisalduse_ja_dunaamika_uuring_pinna-ja_pohjavees_2018.pdf 07.05.2018

Eesti Loodus., (2018) Seemnesööjad URL: www.eestiloodus.ee/artikkel4782_4760.html

Eesti Maaülikool., (2018 A) Mullasaaste, taimekaitse ja mesindus. http://2010-2013.mesindusprogramm.eu/sites/default/files/anne_luik_11.02.2012_poltsamaa_mullasaaste_taimekaitsemesindus_pr-8-1.3-13.pdf

Eesti Maaülikool., (2018 B) “Umbrohtude tõrje rakendusuurinud köögiviljanduses taimekaitse meetmete efektiivsuse ning keskkonna säästlikkuse tõstmiseks” kohta. https://www.pikk.ee/upload/files/Teadusinfo/lle_Lauk_PM_lpparuanne.pdf

European Biotechnology., (2018) GMO acreage growing. URL: <https://european-biotechnology.com/up-to-date/latest-news/news/gmo-acreage-growing.html> 07.05.2018

Floate, K. D., Doane, J. F., Gillott, C., (1990) Carabid predators of the wheat midge /Diptera, Cecidomyiidae) in Saskatchewan Environmental Entomology, Pages 1503–1511,

Gerritse, R. G., Beltran, J., Hernandez, F., (1996). Adsorption of atrazine, simazine and glyphosate in soils of Gwangara-Mound, Western Australia. Australian Journal of Soil Research 34(4) 599 – 607

Haberman, H., (1968) Eesti jooksiklased. Tallinn: Valgus lk 18: 21; 464

Hagner, M., Hallman, S., Jauhiainen, L., Kemppainen, R., Ramo, S., Tiilikka, K., Setälä, H., (2015) Birch (Betula spp.) wood biochar is a potential soil amendment to reduce glyphosate leaching in agricultural soils 164:46-52

Hobbs, P. R., Sayre, K., Gupta, R., (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture 363, 543–555

Holland., (2002) The Agroecology of Carabid Beetles- Carabid Diets and Food Value 81;101-102;

Honek, A., Martinkova, Z., Jarosik, V., (2003) Ground beetles (Carabidae) as seed predators. European Journal of Entomology 100: 531–544.

Honek, A., Martinkova, Z., Saska P., (2005) Post-dispersal predation of *Taraxacum officinale* (dandelion) seed. *Journal of Ecology* 93: 345–352. doi: 10.1111/j.1365-2745.2005.00987.x

KK15: Põllumajanduskeskkonna näitajad (andmed uuendatud 21.05.2018) *Eesti Statistika andmebaas*. <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&SubSessionId=c5c89a9f-e9bf-4b54-9e99-2729824048c6&themetreeid=4>

KK2082: Taimekaitsevahendite kasutamine põllumajanduslikes maapidamistes maakonna ja kultuuri järgi (andmed uuendatud 08.12.2016) *Eesti Statistika andmebaas*. <http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KK2082&ti=TAIMEKAITSEVAHENDITE+KASUTAMINE+P%D5LLUMAJANDUSLIKES+MAJAPIDAMISTES+MAAKONNA+JA+KULTUURI+J%C4RGI&path=../Database/Keskkond/07Pollumajanduskeskkond/&lang=2> 07.05.2018

KK2085: Turustatud taimekaitsevahendid toimeaine järgi (andmed uuendatud 08.12.2016) *Eesti Statistika andmebaas*. <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&DataSetCode=KK2085> 07.05.2018

Knapp, M., (2016). Relative Importance of Sex, Pre-Starvation Body Mass and Structural Body Size in the Determination of Exceptional Starvation Resistance of *Anchomenus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae)

Kolpin, D.W., Thurman, E.M., Lee, E.A., Meyer, M.T., Furlong, E.T., Glassmeyer, S.T., (2006). Urban contributions of glyphosate and its degradate AMPA to streams in the United States. *Science of The Total Environment*;354(2):191-197.

Kuill, T., Lauringseon, E., (1998). Umbrohutõrje terviküsteem. Teadustööde kogumik „Põllumajanduskultuuride produktiivsus ja kvaliteet“, 199, 18-23

Luik, A., (2018). Pestitsiidide jäägid ja organismid. URL : http://www.maheklubi.ee/upload/Editor/Pestitsiidide%20j%C3%A4gid%20ja%20organismid%202025%2010%2017_Arne%20Luik.pdf

Maaeluministerium. (2018) 50 põllumajandusministrit: nõudlus toidu järgi kasvab hüppeliselt. URL: <https://www.agri.ee/et/uudised/50-pollumajandusministrit-noudlus-toidu-jargi-kasvab-huppeliselt> 23.04.2018

Michalková, V ja Pekár, S., (2009). How glyphosate altered the behaviour of agrobiont spiders (Araneae: Lycosidae) and beetles (Coleoptera: Carabidae). *Biological Control*;51(3):444-449.

Morillo, E., Undabeytia, T., Maqueda, C., (1997). Adsorption of glyphosate on the clay mineral montmorillonite: Effect of Cu (II) in solution and adsorbed on the mineral. *Environ.* Pages pp 3588–3592

Pollet, M ja Desender, K., (1987). Feeding ecology of grassland-inhabiting carabid beetles (Carabidae; Coleoptera) in relation to the availability of some prey groups. *Acta Phytopathologica Entomologica Hungariae* 22, 223-246.

Põllumajandusamet., (2018a) Taimekaitsevahendite register URL <http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KK2082&ti=TAIMEKAITSEVAHENDITE+KASUTAMINE+P%D5LLUMAJANDUSLIKES+MAJAPIDAMISTES+MAAKONNA+JA+KULTUURI+J%C4RGI&path=../Database/Keskkond/07Pollumajanduskeskkond/&lang=2> 07.05.2018

Põllumajandusamet., (2018b) Eesti keelatakse 14 taimekaitsevahendi URL: <http://www.pma.agri.ee/index.php?id=95&y=2016&nID=191> 07.05.2018

Riigiteataja., (2018) Taimekaitsevahendi kasutamise ja hoiukoha täpsemad nõuded. URL <https://www.riigiteataja.ee/akt/102122011005?leiaKehtiv>

Roberts, D.M., Buckley, N.A., Mohamed, F., Eddleston, M., Goldstein, D.A., Mehrsheikh, A., Bleeke, M.S., Dawson, A.H., (2010). A prospective observational study of the clinical toxicology of glyphosate-containing herbicides in adults with acute self-poisoning. *Clin. Toxicol. (Phila). Clin Toxicol (Phila)* 48(2): 129–136.

Saska, P., Skuhrovec, J., Lukas, J., Chi, H., Tuan, S-J ja Honek, A., (2016a). Treatment by glyphosate-based herbicide alters life history parameters of the rose-grain aphid *Metopolophium dirhodum*. *Sci. Rep.* 6, 27801; doi: 10.1038/srep27801.

Saska, P., Skuhrovec, J., Lukas, J., Vlach, M., Chi, H., Tuan, S-J ja Honek, A (2016b). Treating Prey With Glyphosate Does Not Alter the Demographic Parameters and Predation of the *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) *Journal of Economic Entomology*, 110(2), 2016, 392–399

Sergiev, I.G., Alexieva, V., Ivanov, S.V., Moskova, I., Karanov, N.E., (2006). The phenylurea cytokinin 4PU-30 protects maize plants against glyphosate action. *Pesticide Biochemistry and* 85(3):139-146.

Silva, V., Montanarella, L., Jones, A., Ugalde, O.F., Mol, H.G.J., Ritsema, C.J jt., (2018). Distribution of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in agricultural topsoils of the European Union. *Science of The Total Environment*;621:1352-1359.

Trager, M., Todd, D., Ristau, E., Stoleson, S.H., Davidson, R.L., Acciavatti, R.E., (2012) Carabid beetle responses to herbicide application, shelterwood seed cut and insect defoliator outbreaks. *Forest Ecology and Management* 289 (2013) 269–277

**Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Mai-Liis Palm

27.03.1996

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö „Herbiitsiidi Taifun®
B mõju metsa-süsijooksiklase põhikäitumisele“, mille juhendajad on Anne Must ja Karin
Nurme

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks pärast tähtajalise piirangu
lõppemist

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 23.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)